

Appareil et procédé de séparation d'un mélange gazeux par distillation cryogénique

La présente invention est relative à un appareil et à un procédé de séparation d'un mélange gazeux par distillation cryogénique.

5 Depuis très longtemps, comme décrit dans « Tieftemperaturtechnik » de Hausen Linde, pp.457-461, les unités de séparation des gaz de l'air utilisent des turbines à paliers lubrifiés, ces paliers étant axiaux ou radiaux. Pour produire du froid, les turbines détendent de l'air ou de l'azote avec production de travail extérieur, la détente étant de type isentropique aux irréversibilités
10 près.

Néanmoins, les turbines à paliers lubrifiés, par exemple avec de l'huile, ont deux inconvénients majeurs :

Premièrement, il y a un risque de pollution du gaz procédé par de l'huile en cas de défaillance du système d'étanchéité le long de l'arbre. Une
15 telle pollution engendre la migration d'huile dans les différents équipements de l'appareil (échangeurs, tuyauteries, colonnes à distiller, vaporiseur), l'huile pouvant avoir tendance à se concentrer au niveau du vaporiseur principal en présence d'oxygène relativement pur. Cela pourrait être la cause d'une explosion majeure dans un appareil de séparation des gaz de l'air.

20 Deuxièmement, il est pour ainsi dire obligatoire pour des raisons économiques d'installer la turbine près du sol pour minimiser les distances vis-à-vis de la bache à huile ; cette contrainte n'est pas spécifique aux usines de séparation des gaz de l'air mais peut aussi s'appliquer à des liquéfacteurs de gaz (H_2 , He, CH_4 , ...) ou à d'autres unités de séparation des gaz (H_2/CO , ...).

25 - L'objet de l'invention est de s'affranchir des paliers lubrifiés pour les turbines de détente des unités de séparation de mélange gazeux par distillation cryogénique en proposant la détente du mélange gazeux à séparer dans une turbine sur roulements (à billes ou rouleaux en acier ou en céramiques), ces roulements pouvant avoir à être graissés périodiquement
30 mais n'étant pas huilés.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation de gaz par distillation cryogénique comprenant un système de colonnes, des moyens pour envoyer un gaz à séparer à une colonne du système de

colonnes, des moyens pour soutirer au moins un produit du système de colonnes, des moyens pour envoyer un gaz de l'appareil, éventuellement au moins une partie du mélange gazeux à séparer, dans une turbine à paliers et des moyens pour envoyer au moins une partie du gaz détendu dans la turbine
5 à une colonne du système de colonnes dans le cas où le gaz détendu constitue au moins une partie du mélange gazeux à séparer caractérisé en ce que les paliers de la turbine sont des paliers à roulements.

Optionnellement :

- La turbine a des paliers non huilés.
- 10 - La turbine a des paliers non lubrifiés.
- Le gaz à séparer contient comme composants principaux de l'oxygène et/ou de l'azote et/ou de l'hydrogène et/ou du méthane et/ou du monoxyde de carbone.
- Le gaz détendu est de l'air, de l'azote ou de l'hydrogène.
- 15 - La turbine est installée au moins 1 mètre au-dessus du sol, au moins 2 mètres au-dessus du sol ou même au moins 5 mètres au-dessus du sol.
- La turbine est freinée par un surpresseur frein, éventuellement de type centrifuge, placé sur le même arbre que la turbine, tous les paliers de cet arbre commun étant non lubrifiés.
- 20 - Tous les paliers de l'arbre commun sont de type à roulements.
- La turbine est freinée par une génératrice frein dont les paliers sont non lubrifiés.
- Les paliers de la génératrice frein sont de type magnétique.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un procédé de
25 séparation d'un mélange gazeux par distillation cryogénique dans lequel un mélange gazeux à séparer est envoyé à une colonne d'un système de colonnes, au moins un produit est soutiré du système de colonnes, au moins une partie d'un gaz de l'appareil, éventuellement au moins une partie du mélange gazeux à séparer, est envoyé dans une turbine à paliers caractérisé
30 en ce que les paliers de la turbine sont des paliers à roulements.

De préférence la turbine est freinée par une génératrice frein dont les paliers sont non lubrifiés et la génératrice frein est entraînée à la même vitesse que la turbine.

L'invention sera décrite en plus de détails en se référant aux figures, qui montrent des appareils de séparation d'air selon l'invention.

La figure 1 montre un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique.

5 - Un débit d'air 1 est comprimé à la moyenne pression dans un compresseur 3 et est ensuite épuré dans une unité d'épuration 5 pouvant être de tout type connu. L'air est ensuite divisé en deux fractions 21, 23. La fraction 21 se refroidit en traversant la ligne d'échange 7 et est envoyé en cuve de la colonne moyenne pression 13 sous forme gazeuse.

10 - Le reste de l'air 23 est surpressé dans un surpresseur 9, refroidi dans un refroidisseur 19 et envoyé à la ligne d'échange 7 où il se refroidit partiellement avant d'être envoyé à la turbine d'insufflation 11. Cette turbine peut être une turbine sur roulements (à billes ou rouleaux en acier ou en céramiques).

15 - La turbine 11 est montée à au moins 1 mètre du sol, de préférence à au moins 2 mètres du sol ou même à au moins 5 mètres du sol.

 - La turbine 11 se trouve sur le même arbre que le surpresseur 9. Le surpresseur 9 est de préférence de type centrifuge, ayant des paliers non-lubrifiés. De préférence tous les paliers de l'arbre sont des paliers à
20 roulements.

 - Alternativement le surpresseur peut être remplacé par une génératrice, également à paliers non-lubrifiés.

 - L'air détendu dans la turbine 11 est envoyé dans une colonne basse pression à minaret 15.

25 - Des débits de liquide riche 25, de liquide pauvre inférieur 27 et de liquide pauvre supérieur 29 sont envoyés de la colonne moyenne pression 13 à la colonne basse pression 15. Un débit de purge est soutiré du vaporiseur-condenseur 17 reliant les deux colonnes.

 - De l'azote pur 31 est soutiré en tête du minaret, de l'azote résiduaire
30 33 d'en dessous du minaret et de l'oxygène gazeux 35 de la cuve de la colonne basse pression. Ces trois débits de réchauffent dans la ligne d'échange 7. Une partie de l'azote résiduaire sert à la régénération suite à une étape de réchauffage.

La figure 2 montre un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique avec un cycle d'air.

- Un débit d'air 1 est comprimé à la moyenne pression dans un compresseur 3 et est ensuite épuré dans une unité d'épuration 5 pouvant être de tout type connu. L'air est surpressé dans un surpresseur 9, refroidi dans un refroidisseur (non-illustré) et envoyé à la ligne d'échange 7 où il se refroidit partiellement avant d'être envoyé en partie à une turbine Claude 11. Cette turbine est une turbine sur roulements (à billes ou rouleaux en acier ou en céramiques).

10 - La turbine 11 est montée à au moins 1 mètre du sol, de préférence à au moins 2 mètres du sol ou même à au moins 5 mètres du sol.

- La turbine 11 peut être est couplée au surpresseur 9.

- L'air détendu dans la turbine 11 est envoyé en partie à la colonne moyenne pression 13 et en partie recyclé (débit 43) vers le surpresseur 9.
15 Dans la variante sans cycle tout l'air détendu dans la turbine 11 est envoyé à la colonne moyenne pression.

- Des débits de liquide riche 25, de liquide pauvre inférieur 27 et de liquide pauvre supérieur 29 sont envoyés de la colonne moyenne pression 13 à la colonne basse pression 15. Un débit de purge est soutiré du vaporiseur-condenseur 17 reliant les deux colonnes.
20

- De l'azote pur 31 est soutiré en tête du minaret, de l'azote résiduaire 33 d'en dessous du minaret et de l'oxygène gazeux 35 de la cuve de la colonne basse pression. Ces trois débits de réchauffent dans la ligne d'échange 7. Une partie de l'azote résiduaire sert à la régénération suite à une
25 étape de réchauffage.

- L'appareil produit de l'azote liquide 39 en tête de la colonne moyenne pression et de l'oxygène liquide 41 en cuve de la colonne basse pression.

La figure 3 montre un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique.
30

- Un débit d'air 1 est comprimé à la moyenne pression dans un compresseur 3 et est ensuite épuré dans une unité d'épuration 5 pouvant être

de tout type connu. L'air se refroidit en traversant la ligne d'échange 7 et est envoyé en cuve de la colonne moyenne pression 13 sous forme gazeuse.

- Des débits de liquide riche 25, de liquide pauvre inférieur 27 et de liquide pauvre supérieur 29 sont envoyés de la colonne moyenne pression 13 à la colonne basse pression 15. Un débit de purge est soutiré du vaporiseur-condenseur 17 reliant les deux colonnes.

- De l'azote pur 31 est soutiré en tête du minaret, de l'azote résiduaire 33 d'en dessous du minaret et de l'oxygène gazeux 35 de la cuve de la colonne basse pression. Ces trois débits se réchauffent dans la ligne d'échange 7. Une partie de l'azote résiduaire sert à la régénération suite à une étape de réchauffage.

- De l'azote moyenne pression 45 se réchauffe partiellement dans la ligne d'échange avant d'être détendu dans la turbine 11. Cette turbine est une turbine sur roulements (à billes ou rouleaux en acier ou en céramiques). La turbine 11 est montée à au moins 1 mètre du sol, de préférence à au moins 2 mètres du sol ou même à au moins 5 mètres du sol. L'azote détendu est mélangé avec l'azote résiduaire 33.

- Alternativement si la colonne basse pression 15 opère sous une pression suffisamment élevée, il est possible de détendre un débit d'azote basse pression dans la turbine.

Il sera aisément compris que les appareils concernés peuvent comprendre toute combinaison possible de turbines Claude, turbines d'insufflation et turbines d'azote, à condition qu'au moins une de ces turbines soit une turbine sur roulements (à billes ou rouleaux en acier ou en céramiques).

L'invention n'est évidemment pas limitée aux procédés utilisant une colonne à minaret. Elle s'applique à tout type de procédé de séparation d'air utilisant une turbine de détente, y compris les procédés dits à pompe.

REVENDICATIONS

1. Appareil de séparation de gaz par distillation cryogénique comprenant un système de colonnes (13, 15), des moyens pour envoyer un gaz à séparer (11) à une colonne du système de colonnes, des moyens pour soutirer au moins un produit (33, 35, 39, 41) du système de colonnes, des moyens pour envoyer un gaz (23, 45) de l'appareil, éventuellement au moins une partie du mélange gazeux à séparer, dans une turbine à paliers (11) et des moyens pour envoyer au moins une partie du gaz détendu dans la turbine à une colonne du système de colonnes (13, 15) dans le cas où le gaz détendu constitue au moins une partie du mélange gazeux à séparer caractérisé en ce que les paliers de la turbine sont des paliers à roulements.

2. Appareil selon la revendication 1 dans lequel la turbine (11) a des paliers non hullés.

3. Appareil selon la revendication 2 dans lequel la turbine (11) a des paliers non lubrifiés.

4. Appareil selon l'une des revendications précédentes dans lequel le gaz à séparer (1) contient comme composants principaux de l'oxygène et/ou de l'azote et/ou de l'hydrogène et/ou du méthane et/ou du monoxyde de carbone.

5. Appareil selon la revendication 4 dans lequel le gaz détendu (23) est de l'air, de l'azote ou de l'hydrogène.

6. Appareil selon l'une des revendications précédentes dans lequel la turbine (11) est installée au moins 1 mètre au-dessus du sol, de préférence au moins 2 mètres au-dessus du sol ou même au moins 5 mètres au-dessus du sol.

7. Appareil selon l'une des revendications précédentes dans lequel la turbine (11) est freinée par un surpresseur frein (9), éventuellement de type centrifuge, placé sur le même arbre que la turbine, tous les paliers de cet arbre commun étant non lubrifiés.

8. Appareil selon la revendication 7 dans lequel tous les paliers de l'arbre commun sont de type à roulements.

9. Appareil selon l'une des revendications 1 à 6 selon 1 dans lequel la turbine est freinée par une génératrice frein dont les paliers sont non lubrifiés.

10. Appareil selon la revendication 9 dans lequel les paliers de la
5 génératrice frein sont de type magnétique.

11. Procédé de séparation d'un mélange gazeux par distillation cryogénique dans lequel un mélange gazeux à séparer (1) est envoyé à une colonne (13) d'un système de colonnes (13;15), au moins un produit est soutiré du système de colonnes, au moins une partie d'un gaz (23, 45) de l'appareil,
10 éventuellement au moins une partie du mélange gazeux à séparer, est envoyé dans une turbine à paliers (11) caractérisé en ce que les paliers de la turbine sont des paliers à roulements.

12. Procédé selon la revendication 11 dans lequel la turbine (11) est freinée par une génératrice frein dont les paliers sont non lubrifiés et la
15 génératrice frein est entraînée à la même vitesse que la turbine.

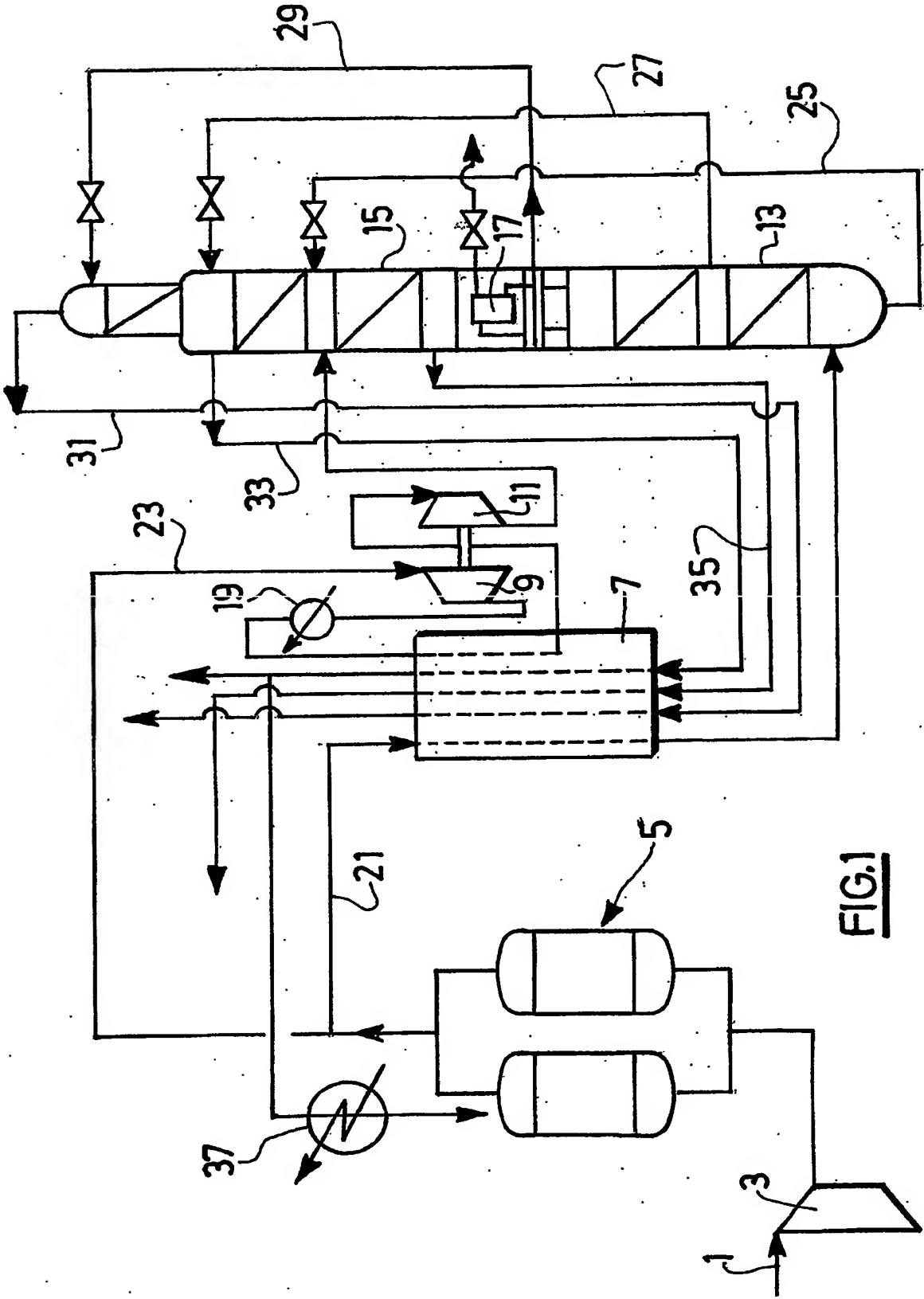
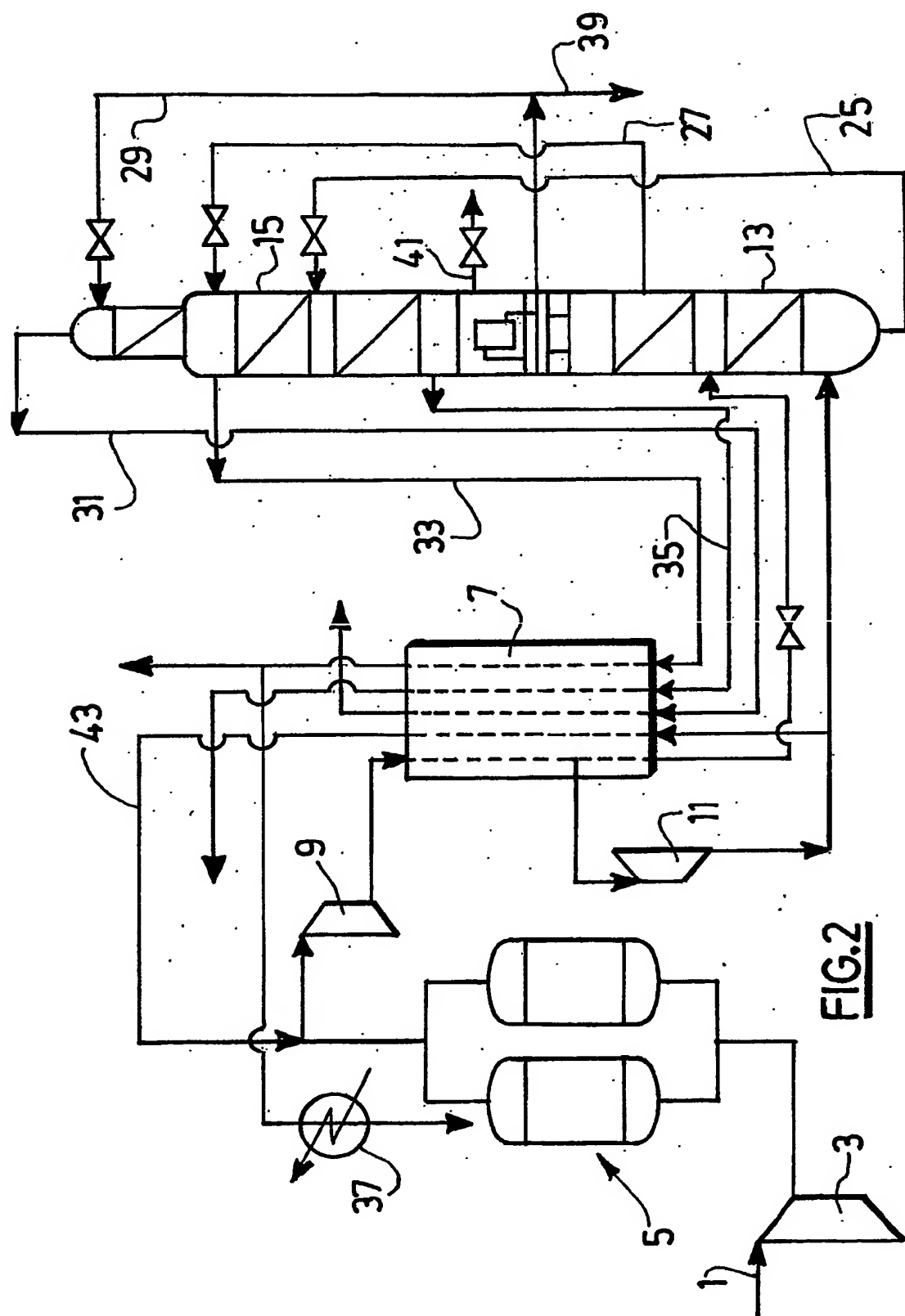


FIG. 1



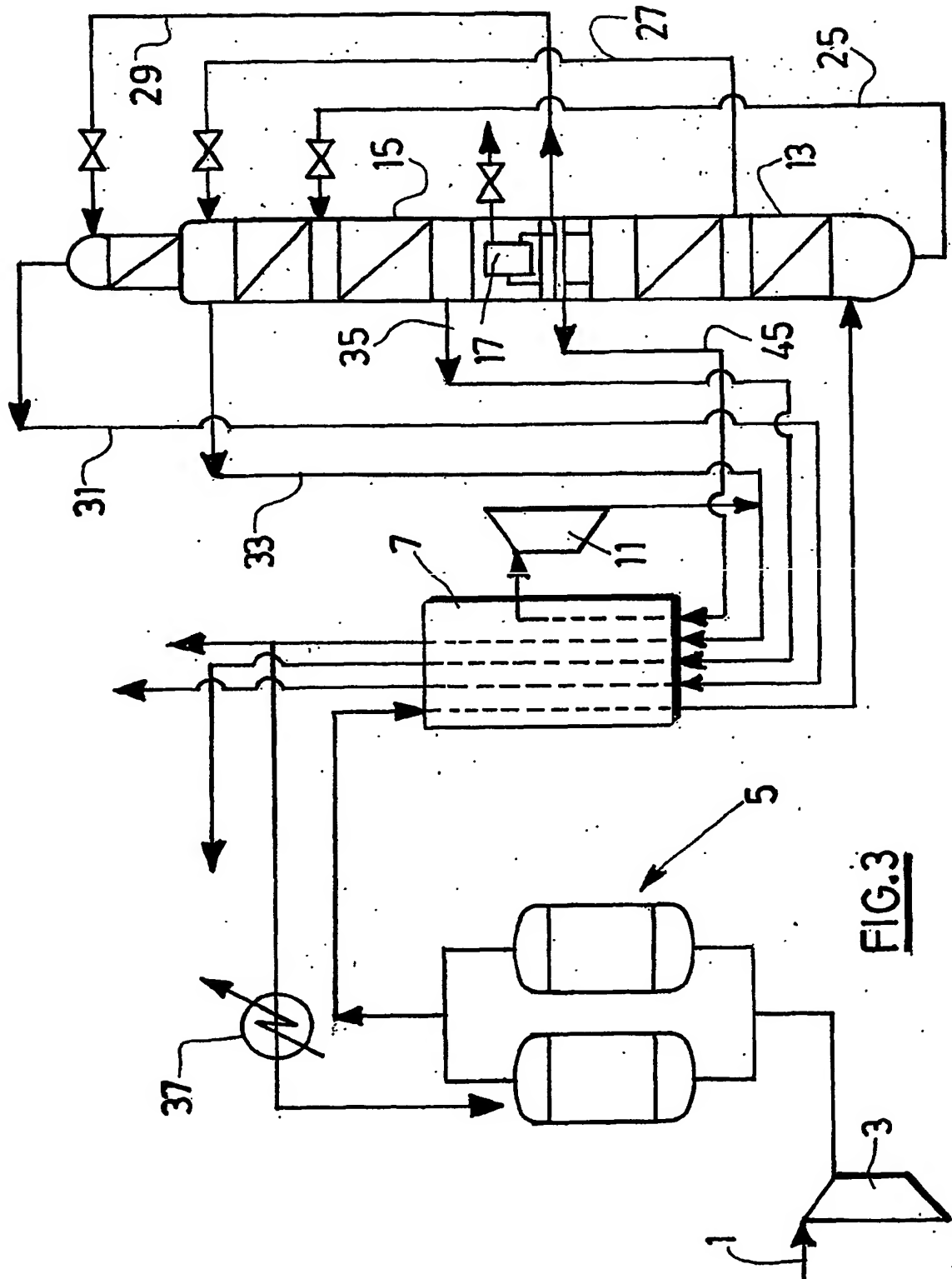


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050450

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F25J3/04 F25J3/02 F01D25/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F25J F01D F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 749 246 A (ROTTMANN DIETRICH) 12 May 1998 (1998-05-12) column 2, line 27 - line 41; figures 1,2	1-12
Y	US 2003/007863 A1 (BOSEN WERNER) 9 January 2003 (2003-01-09) the whole document	1-12
A	US 3 070 966 A (RUHEMANN MARTIN S W ET AL) 1 January 1963 (1963-01-01) column 5, line 5 - line 14; figures	1-7,9-12
A	US 5 511 382 A (VILLARD JEAN-CLAUDE ET AL) 30 April 1996 (1996-04-30) column 3, line 41 - line 46; figure 2	4,5,7
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 February 2005

Date of mailing of the international search report

07/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Göritz, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/050450

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 248 239 A (ANDREWS FRANK X) 28 September 1993 (1993-09-28) column 3, line 56 - line 33; figure 1 -----	5,7,10, 12
A	US 5 211 489 A (MOORE JERRY H) 18 May 1993 (1993-05-18) column 1, line 20 - line 44 -----	7,8
A	US 4 808 070 A (FONDA-BONARDI G) 28 February 1989 (1989-02-28) column 5, line 36 - line 39 column 6, line 61 - line 66; figure 7 -----	7
A	US 5 481 145 A (CANDERS WOLF-RUEDIGER ET AL) 2 January 1996 (1996-01-02) column 1, line 6 - line 35; claim 7 -----	9,10,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/050450

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5749246	A	12-05-1998	DE	19543953 C1	19-12-1996
			BR	9605678 A	18-08-1998
			CA	2191161 A1	26-05-1997
			DE	59605238 D1	21-06-2000
			EP	0775881 A2	28-05-1997
			JP	9170874 A	30-06-1997
			ZA	9609797 A	10-06-1997
US 2003007863	A1	09-01-2003	EP	1273857 A1	08-01-2003
US 3070966	A	01-01-1963	GB	976352 A	25-11-1964
			CH	462863 A	30-09-1968
			FR	1285587 A	23-02-1962
US 5511382	A	30-04-1996	FR	2711779 A1	05-05-1995
			CA	2134173 A1	27-04-1995
			CN	1107801 A ,C	06-09-1995
			DE	69405199 D1	02-10-1997
			DE	69405199 T2	22-01-1998
			EP	0655596 A1	31-05-1995
US 5248239	A	28-09-1993	NONE		
US 5211489	A	18-05-1993	NONE		
US 4808070	A	28-02-1989	SE	8802743 A	18-02-1989
US 5481145	A	02-01-1996	DE	9215696 U1	17-03-1994
			DE	59309824 D1	11-11-1999
			EP	0598183 A1	25-05-1994
			JP	3459443 B2	20-10-2003
			JP	6173709 A	21-06-1994

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2004/050450

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 F25J3/04 F25J3/02 F01D25/16

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F25J F01D F16C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 749 246 A (ROTTMANN DIETRICH) 12 mai 1998 (1998-05-12) colonne 2, ligne 27 - ligne 41; figures 1,2	1-12
Y	US 2003/007863 A1 (BOSEN WERNER) 9 janvier 2003 (2003-01-09) le document en entier	1-12
A	US 3 070 966 A (RUHEMANN MARTIN S W ET AL) 1 janvier 1963 (1963-01-01) colonne 5, ligne 5 - ligne 14; figures	1-7,9-12
A	US 5 511 382 A (VILLARD JEAN-CLAUDE ET AL) 30 avril 1996 (1996-04-30) colonne 3, ligne 41 - ligne 46; figure 2	4,5,7
	----- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 février 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/03/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Görnitz, D

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050450

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 248 239 A (ANDREWS FRANK X) 28 septembre 1993 (1993-09-28) colonne 3, ligne 56 - ligne 33; figure 1 -----	5,7,10, 12
A	US 5 211 489 A (MOORE JERRY H) 18 mai 1993 (1993-05-18) colonne 1, ligne 20 - ligne 44 -----	7,8
A	US 4 808 070 A (FONDA-BONARDI G) 28 février 1989 (1989-02-28) colonne 5, ligne 36 - ligne 39 colonne 6, ligne 61 - ligne 66; figure 7 -----	7
A	US 5 481 145 A (CANDERS WOLF-RUEDIGER ET AL) 2 janvier 1996 (1996-01-02) colonne 1, ligne 6 - ligne 35; revendication 7 -----	9,10,12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050450

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5749246	A	12-05-1998	DE 19543953 C1	19-12-1996
			BR 9605678 A	18-08-1998
			CA 2191161 A1	26-05-1997
			DE 59605238 D1	21-06-2000
			EP 0775881 A2	28-05-1997
			JP 9170874 A	30-06-1997
			ZA 9609797 A	10-06-1997
US 2003007863	A1	09-01-2003	EP 1273857 A1	08-01-2003
US 3070966	A	01-01-1963	GB 976352 A	25-11-1964
			CH 462863 A	30-09-1968
			FR 1285587 A	23-02-1962
US 5511382	A	30-04-1996	FR 2711779 A1	05-05-1995
			CA 2134173 A1	27-04-1995
			CN 1107801 A ,C	06-09-1995
			DE 69405199 D1	02-10-1997
			DE 69405199 T2	22-01-1998
			EP 0655596 A1	31-05-1995
US 5248239	A	28-09-1993	AUCUN	
US 5211489	A	18-05-1993	AUCUN	
US 4808070	A	28-02-1989	SE 8802743 A	18-02-1989
US 5481145	A	02-01-1996	DE 9215696 U1	17-03-1994
			DE 59309824 D1	11-11-1999
			EP 0598183 A1	25-05-1994
			JP 3459443 B2	20-10-2003
			JP 6173709 A	21-06-1994